

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 634 030

(27) N° d'enregistrement national :  
88 09086

(51) Int Cl<sup>6</sup> : G 02 B 6/24.

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 5 juillet 1988.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPi « Brevets » n° 2 du 12 janvier 1990.

(60) Références à d'autres documents nationaux épar-  
rentés :

(71) Demandeur(s) : SAT. SOCIETE ANONYME DE TELE-  
COMMUNICATIONS. — FR.

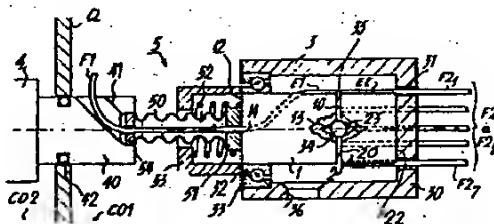
(72) Inventeur(s) : Pierre Charles Morillon ; Robert Calevo ;  
Gérard André Legeay.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Martinet & Lapoux.

(54) Commutateur rotatif à fibres optiques.

(57) Le commutateur comprend un tambour rotatif 1 supportant une première fibre optique F1 et un tambour stationnaire 2 supportant des secondes fibres optiques F2. Des faces terminales des fibres sont disposées sensiblement coplanairement sur des faces diamétrales en regard 10, 20 des tambours, sensiblement égales et disjointes, respectivement. Le tambour rotatif 1 est précisément aligné avec le tambour stationnaire 2 grâce à un palier longitudinal à roulement à billes 32, 33 et à une butée radiale à bille 34 centrale aux faces en regard. Un accouplement souple par soufflet 50 affranchit la précision requise d'alignement des tambours par rapport aux débattements d'un arbre moteur 40. L'arbre est entraîné par un moteur à courant continu associé à une mémoire contenant les positions angulaires précises des secondes fibres F2 relativement à la première fibre F1 et correspondant à des couplages optimums.



- 1 -

Commutateur rotatif à fibres optiques

La présente invention concerne un commutateur rotatif destiné à coupler sélectivement une première fibre optique à l'une d'une pluralité de secondes fibres optiques.

Dans un commutateur rotatif connu, des extrémités des secondes fibres optiques sont disposées en éventail sur un support stationnaire en forme de secteur de couronne et convergent radialement vers le centre de rotation d'un support rotatif sur lequel est fixée une extrémité de la première fibre optique. La rotation du support rotatif concentrique au support stationnaire permet d'aligner radialement l'une des secondes fibres avec la première fibre, afin de commutier des signaux optiques unidirectionnels ou bidirectionnels de la première fibre vers une seconde fibre sélectionnée.

Une telle disposition en éventail des secondes fibres limite le nombre de secondes fibres à commuter avec la première fibre, pour un rayon donné de la périphérie circulaire intérieure du support en secteur de couronne qui détermine la position des faces terminales des secondes fibres.

Des moyens sont prévus pour tourner le support rotatif sous la forme d'un moteur électrique pas-à-pas. Le repérage de la position angulaire de chaque seconde fibre optique sur le support stationnaire doit alors s'exprimer en un nombre entier de pas moteur. Ceci implique des contraintes de positionnement très précis des extrémités des secondes fibres, lors de la fabrication du commutateur. Malgré tout le soin apporté à un tel positionnement, un désalignement périphérique subsiste entre l'extrémité d'une seconde fibre et l'extrémité de la première fibre qui est fonction d'une part de la régularité du pas moteur, d'autre part du nombre de pas par tour. En pratique, le nombre de pas par tour du moteur est inférieur à 1000, et par suite la tolérance sur l'alignement entre fibres est au moins égale à 12 µm pour un rayon de 2 mm de la périphérie intérieure du support stationnaire. Cette tolérance est incompatible avec un coefficient de pertes par insertion inférieur

- 2 -

à un décibel dans le caa de fibres optiques standarda de 50  $\mu\text{m}/125$   $\mu\text{m}$ .

En ontre, l'utilisation d'un moteur pas-à-pas nécessite une consommation en courant à l'arrêt et une commutation relstivement

5 lente.

L'invention vise principalement à remédier aux inconvénients de l'agencement mutuel des fibres évoqué ci-dessus.

A cette fin, un commutateur rotatif selon l'invention comprenant un moyen rotatif pour supporter une extrémité d'une 10 première fibre optique, un moyen atstationnairs pour snpportsr des extrémité de pluaieura secondea fibres optiques, et des moyens moteurs pour tourner le moyen rotatif eat cractérisé en ce que lesdits moyens rotatif et ststionnaire pour supporter sont des tambours coaxiaux rotstif et ststionnaire ayant des fsces 15 diamétrales en regard sennablement égales et diajointes sur lsquellea sont sennablement dispoées coplansirement des fsces terminsles dea première et secondea fibres optiques, respectivement.

Selon d'autres aspects de l'invention, le montage à rotstion 20 du tambour rotstif permet de l'affranchir des débattements longitudinsux et radisux d'un arbre motsur entraînant à rotation le tambour rotatif. De préférence, des moyens, tels qu'un palier à roulement à billes à contact oblique, coopérant avec une extrémité du tambour rotstif opposée à lsdite face de celui-ci sont prévus 25 pour guider longitudinslement en rotation le tambour rotatif, et des moyena, tels qu'une bille de butée logée dans deux évidements coniques centraux auxditea faces de tambour en regard, coopérant avec leadites fscera en regard sont prévua pour guider radialement le tambour rotatif. Dans ces conditions, pour dea fibres standards 30 50  $\mu\text{m}/125$   $\mu\text{m}$ , la tolérance de mésalignement de la première fibre avec chacune des aecondes fibrea est inférieure à  $\pm 5$   $\mu\text{m}$  pour des pertes pr insertion inférieure à 1 dB.

Cette tolérance de mésalignement eat indépendante de ls tolérance sur les débattements de l'arbre moteur entraînant le tambour rotstif grâce à un accouplement souple, par exemple su moyen d'un soufflet en accordéon, entre l'arbre et le tambour rotatif.

- 3 -

L'invention reméde également aux inconvénients du moteur pas-à-pas dans le commutateur connu. En effet, le commutateur selon l'invention comprend des moyens pour entraîner sélectivement et continûment la rotation d'un moteur à des positions angulaires de rotation déterminées, non pas par rapport à des pâles moteurs, mais par rapport à une position angulaire de référence. Ces moyens pour entraîner peuvent comprendre un moteur à courant continu qui, par nature, peut être arrêté à n'importe quelle position angulaire. En l'occurrence, un tel arrêt correspond à la position angulaire de 10 l'une des secondes fibres optiques. Les positions angulaires de celles-ci sont mémorisées lors de la fabrication et de l'étalonnage en usine du commutateur dans une mémoire incluse dans le commutateur et sont adressables en lecture en fonction de la commutation déairée. Le repérage de la position angulaire de 15 l'extrémité de chacune des secondes fibres correspond précisément à un couplage optique optimum avec la première fibre.

D'autre part caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante de plusieurs réalisations préférées de 20 l'invention en référence aux deux annexes correspondantes dans lesquelles :

- la Fig. 1 est une vue en perspective de deux tambours cylindriques d'un commutateur rotatif selon l'invention ;
- la Fig. 2 est une vue en perspective de deux tambours à surface de révolution convexe d'un commutateur rotatif selon l'invention ;
- la Fig. 3 est une vue schématique partiellement en coupe axiale des principaux éléments mécaniques d'un commutateur selon l'invention ;
- la Fig. 4 est un bloc-diagramme schématique d'un banc d'étalonnage des positions angulaires de deux fibres optiques pour un commutateur selon l'invention ;
- la Fig. 5 est un diagramme des positions angulaires des deux fibres optiques ; et
- la Fig. 6 représente une caractéristique de variation de puissance optique reçue par une seconde fibre en fonction de sa position angulaire relativement à la première fibre du commutateur.

pour expliquer la recherche d'un couplage optimum entre ces deux fibres.

5 Selon la réalisation illustrée à la Fig.1, un commutateur rotatif à fibres optiques est destiné à coupler une première fibre optique F1 sélectivement à l'une de douze fibres optiques F2. Selon d'autres variantes, les secondes fibres sont en nombre de deux, quatrs, huit ou seize par exemple. Les fibres sont des fibres standards ayant un rapport de diamètre de cœur à diamètre de gaine de 50  $\mu\text{m}$ /125  $\mu\text{m}$ , ou bien de 100  $\mu\text{m}$ /140  $\mu\text{m}$ , par exemple. Une extrémité E1 de la fibre F1 est fixée le long d'une génératrice d'un tambour cylindrique rotatif 1, au moins sur environ la moitié de cette génératrice voisine des secondes fibres, tandis que les secondes fibres F2 ont des extrémités E2 qui sont fixées tout le long de génératrices d'un tambour cylindrique stationnaire 2 et qui sont régulièrement réparties à la périphérie de celui-ci. Les tambours 1 et 2 sont alignés coaxialement à un axe longitudinal XX' du commutateur et ont un même diamètre et des bases diamétrales respectives 10 et 20 en vis-à-vis écartées de quelques micromètres. A titre d'exemple, le pas d'écartement entre deux secondes fibres 10 voisaines est égal à 1 mm environ pour des tambours 1 et 2 ayant un diamètre de 4 mm.

10

15

20

En pratique, les tambours 1 et 2 supportant les fibres peuvent être en métal, tel qu'acier inoxydable traité, ou en saphir ou céramique ou quartz. De préférence, au moins la tambour rotatif 1 est en matériau léger afin d'offrir une inertie faible contribuant à réduire les temps de commutation.

25 Les tambours sont obtenus par sciage d'un même cylindre ayant un diamètre compris entre 4 et 30 mm. Selon une première variante, les tambours sont obtenus par sciage diamétral d'un corps de révolution pour que les faces 10 et 20 disjointes par le sciage soient parfaitement identiques et perpendiculaires à l'axe commun XX' des tambours ; puis deux cônes de centrage 13 et 23 sont pratiqués dans les faces externes 12 et 22 des tambours.

30 Selon une autre variante, dans les bases d'un barreau cylindrique sont d'abord ménagés des cônes de centrage 13 et 23 qui servent de points de centre lors de l'usinage de la périphérie du barreau dans un tour ; puis le barreau usiné est scié en deux

tambours égaux 1 et 2 qui sont retournés chacun à 180° afin que les faces obtenues par sciage constituent des faces externes 12 et 22 des tambours et que les faces à cônes de centre constituent les faces en regard 10 et 20 des tambours.

5 Les extrémités E1 et E2 des fibres F1 et F2 peuvent être fixées sur les tambours par métallisation et soudure, par collage, par enverrage ou par frettage mécanique, soit directement sur la périphérie lisse des tambours, soit respectivement dans des rainures longitudinales 11 et 22 par exemple à section en V, comme 10 montré à la Fig. 1, ou dans des rainures bêlicoïdales. Selon une autre variante, les extrémités de fibres E1 et E2 sont enfilées dans des conduits longitudinaux des tambours. Lors de la pose, les fibres sont tendues.

15 Pour assurer un bon contact entre les fibres et les tambours-supports, l'ensemble des tambours avant sciage, comme montré à la Fig. 2, offre de préférence une surface de révolution convexe naine en forme de tonneau, afin qu'après sciage dissymétrique, chaque tambour 1, 2 ait une forme en fuseau sensiblement tronconique à surface convexe.

20 En référence à la Fig. 3, les tambours 1 et 2 sont respectivement montés à rotation et fixés dans un support de guidage cylindrique creux 3 ayant un fond circulaire 30 coaxial à l'axe longitudinal XX'.

25 Une seconde face 22 du tambour stationnaire 2 est fixée par vis, colle, brasure ou soudure par points laser, coaxialement contre le fond 30 afin que des orifices 31 pratiqués dans le fond soient traversés librement par et alignés avec les secondes fibres F2.

30 Au niveau de l'embouchure du support 3 et d'une seconde face 12 du tambour rotatif 1 est prévu un palier longitudinal qui guide longitudinalement le tambour 1 parallèlement à l'axe XX' du tambour 2 et qui est constamment chargé axialement par un ressort 52 en vue de maintenir le tambour 1 abouté contre le tambour 2. Le palier longitudinal est sous la forme d'un roulement à une rangée de billes à contact oblique qui comprend une bague intérieure 32 montée à glissement autour de l'extrémité du tambour 1 au niveau de la face 12, et une bague extérieure 33 emmanchée sur et en butée

dans un lamage à l'embouchure du support cylindrique 3. Le roulement 32-33 assure un guidage longitudinal du tambour stationnaire 1 avec une précision de 2  $\mu\text{m}$  environ.

Le guidage radial du tambour 1 ainsi que l'écart très faible entre les faces de tambour en vis-à-vis 10 et 20 sont assurés par une butée. Selon la réalisation illustrée à la Fig. 3, cette butée est sous la forme d'une bille 34 en saphir ou en rubis qui est logée dans des évidements de centrage coniques axiaux 13 et 23 en regard pratiqués aux centres des faces 10 et 20 des tambours 1 et 2, afin de ménager un intervalle diamétral 35 entre les faces parallèles en regard 10 et 20 ayant une largeur de quelques centaines de micromètres au plus. Dans ce cas, la tolérance de mésalignement radial entre les périphéries des tambours 1 et 2, c'est-à-dire entre l'extrémité E1 de la fibre F1 et l'extrémité E2 de l'une des fibres F2 alignée longitudinalement avec la fibre F1, est inférieure à cinq micromètres pour des pertes par insertion inférieures à 1 dB. En d'autres termes, la concentricité entre la bille de butée 34 et les logements 13 et 23 d'une part et le palier à roulement à billes 32-33 d'autre part est meilleure que 2,5  $\mu\text{m}$ .

Selon une autre variante, les logements 13 et 23 sont des trous borgnes diamétraux en regard coaxiaux à l'axe XX', et la butée 34 est un pivot central cylindrique, de préférence à extrémités bémisphériques, monté à rotation axiale dans les trous borgnes.

Selon une seconde variante, la butée peut être réalisée par un tourillon axial saillant sur l'une des faces de tambour 10 et 20 et tournant à frottement doux dans un trou borgne axial de l'autre face ; dans ce cas, le frottement est réduit grâce à une extrémité sphérique du tourillon en contact avec un trou tronconique.

Lors de la fabrication du commutateur, les faces terminales des extrémités de fibre E1 et E2, après fixation longitudinale relativement précise sur les tambours 1 et 2, peuvent être clivées et polies en faces planes et rasées sensiblement coplanairement avec les faces de tambour en regard 10 et 20 respectivement. Toutefois, la face terminale de l'extrémité E1 de la première fibre optique F1 et/ou des extrémités E2 des secondes fibres optiques peuvent comporter chacune une petite lentille convergente qui est

- 7 -

rapportée ou générée par fusion et qui est disposée sensiblement coplanairement sur les faces 10, 20 du tambour respectif.

Une graisse ou un gel de silicone est intercalé dans l'interstice 35 entre les faces 10 et 20 et particulièrement à la périphérie de l'interstice 35 au niveau des faces terminales des fibres. La graisse ou le gel offre un indice de réfraction sensiblement égal à celui des cosurs des fibres afin de réaliser pratiquement une jonction de fibre sans discontinuité d'indice de réfraction. De préférence, un gel de silicone connu ayant un caractère auto-nettoyant est utilisé afin que, grâce au pouvoir d'adhésion du gel sur les faces 10 et 20, le gel essuie les extrémités des fibres lors du montage et des rotations ultérieures du tambour 1 et évite la pénétration de poussières dans l'espace entre les faces terminales des fibres. En outre, un tel gel assure en permanence une liaison interne entre les faces terminales de deux fibres. Le gel est ainsi confiné en permanence entre les faces du tambour 10 et 20 et à la périphérie de celles-ci, ne coule pas par son propre poids et ne s'échappe pas de l'interstice 35 malgré les nombreuses rotations du tambour 1 et les contraintes thermiques et hygrométriques ambiantes.

Selon une autre variante, à la place du gel est déposée une couche de matière anti-reflet dans l'interstice 35 afin d'inhiber toute réflexion interne de signaux optiques provenant de chacune des fibres F1 et F2 au niveau du dioptrre cœur de fibre-sir sur la face terminale de la fibre.

L'entraînement en rotation axiale du tambour 1 est effectuée par l'intermédiaire d'un arbre moteur 40 relié par des moyens d'accouplement souples 5 à la face externe 12 du tambour 1. Les moyens d'accouplement 5 compensent les tolérances de jeu en rotation de l'arbre 40 qui sont par nature plus grandes que celles exigées pour le tambour rotatif 1, et assurent ainsi un débattement axial et radial de l'arbre 40 plus grand que celui du tambour 1. En outre, une liaison rigide entre l'arbre et le tambour 1 impliquerait un guidage de l'arbre par le tambour rotatif et par suite une usure du palier 32-33 et de la butée 34 dans le commutateur, et de paliers contenus dans un moteur d'entraînement 4 de l'arbre 40. Le tambour rotatif 1 ne doit pas pouvoir s'incliner

par rapport à l'axe de rotation XX' notamment lors des démarrage et arrêt de l'arbre.

Les moyens d'accouplement 5 comprennent un soufflet cylindrique 50 en élastomère ou en tôle mince, plissé en accordéon 5 selon la réalisation illustrée à la Fig. 3, ou une articulation à un ou deux joints de cardan. Le soufflet 50 est diapoisé coaxialement à l'axe XX' des tambours, comme montré à la Fig. 3, bien que selon une autre variante, le soufflet puisse être coudé et que l'arbre moteur 40 puisse être oblique à l'axe XX' en vue de diminuer l'encombrement du commutateur. Une première rondelle d'extrémité 51 du soufflet est fixée coaxialement à la base de tambour 12 par vis, colle, brassure ou soudure. Le ressort hélicoïdal 52 est guidé axialement dans une bague 53 prolongeant la bague intérieure 32 du roulement à billes 32-33 et solidaire de celle-ci, et entoure la rondelle de soufflet 51. Le ressort 52 s'appuie contre la face de tambour 12 et contre le fond de la bague 53 traversé par le soufflet 40 et exerce en permanence une poussée axiale du tambour rotatif 1 contre le tambour stationnaire 2 par l'intermédiaire de la bille de butée 34. Le ressort 52 rattrape tout jeu de dilatation longitudinale ainsi que le jeu inhérent au roulement à billes 32-33 et maintient constante la largeur de l'interstice très étroit 35.

Une seconde rondelle d'extrémité 54 du soufflet 5 est encastrée à force et collée, brasée ou soudée dans un trou axial à 25 l'extrémité de l'arbre moteur 40. Ce trou constitue une embouchure axiale d'un conduit large coudé 41 débouchant latéralement de l'arbre 40 et dans lequel est glissée la première fibre F1. La fibre F1 est tirée d'une rone de bobinage tournante (non représentée) contenant plusieurs tours de fibre F1 afin de prévoir 30 une longueur suffisante de fibre lors des diverses rotations du tambour 1 et donc des diverses commutations de la fibre F1 aux fibres F2. La fibre F1 traverse librement le conduit 41, le soufflet 50 et un conduit coudé 44 qui est pratiqué dans le tambour 1 entre la base 12 et la périphérie du tambour 1, comme montré à la Fig. 3. Selon une variante montrée à la Fig. 1, la fibre F1 est enroulée d'un tour environ autour du tambour 1 entre le roulement à billes 32-33 et la face 10, et sort latéralement du support 3 à 35

travers un orifice large radial 36 de celui-ci ; un coude de la fibre F1 est alors collé sur un méplat 15 du tambour 1.

En pratique, comme montré schématiquement à la Fig. 3, le commutateur est enfermé dans un coffre opaque comprenant un premier compartiment étanche C01 dans lequel est logé le support 3, les moyens d'accouplement 5 et la roue de bobinage de la fibre F1, et un second compartiment étanche C02 dans lequel est logé le moteur 4 entraînant en rotation l'arbre 40, et en partie des organes de commande et de contrôle du moteur 4 à relier à un pupitre de commande PC. Les compartiments C01 et C02 sont séparés par une cloison étanche CL traversée par l'arbre moteur 40 par l'intermédiaire d'un joint torique d'étanchéité 42. Le moteur 4 comprend un petit moteur électrique à courant continu, du type à baleins par exemple, qui doit vaincre des couples résistants relatifs aux frottements de la butée centrale 34, du palier à roulement à billes 32-33, du joint d'étanchéité 42 et de roulements-paliars dans le moteur 4, ainsi que l'inertie de l'équipage mobile 5-1-2, la couple de torsion de la fibre mobile F1 étant négligeable. Compte tenu des faibles oscillations de l'arbre en fin d'alignement de la fibre F1 avec l'une des fibres F2, le temps de commutation entre la fibre F1 et la fibre F2 la plus éloignée et diamétralement opposée à la fibre F1 peut être inférieur à 30 ms, voire à 10 ms. Des essais ont montré que la fibre F1 peut subir 100000 commutations sans dommage.

Après assemblage des divers éléments du commutateur, celui-ci est étalonné en laboratoire afin de repérer très précisément la position angulaire de chacune des secondes fibres optiques F2 relativement à la première fibre F1. A cette fin peut être utilisé un banc de mesure et d'étalonnage tel que montré à la Fig. 4.

L'extrémité libre de la première fibre F1 reçoit un signal lumineux collimaté ayant une puissance constante pré-déterminée PE à partir d'une source luminescente SL telle que diode électroluminescente ou diode laser. Les extrémités libres des secondes fibres F<sub>21</sub> à F<sub>12</sub>, par exemple au nombre de douze, sont reliées à travers des moyens optiques de focalisation à des photodéTECTeurs PD<sub>1</sub> à PD<sub>12</sub> du type photowattmètres pour détecter des puissances reçues PR<sub>1</sub> à PR<sub>12</sub> respectivement. Les

- 10 -

photodétecteurs  $PD_1$  à  $PD_{12}$  transmettent par l'intermédiaire de convertisseurs analogiques-numériques respectifs  $C_1$  à  $C_{12}$  des mots numériques représentatifs des puissances reçues  $PR_1$  à  $PR_{12}$  à une unité centrale de commande UC sous la forme d'un microprocesseur.

5 L'unité UC est reliée notamment à un clavier alphanumérique CL, à un écran EC, et à une mémoire RAM, ME, de positions angulaires  $\alpha_1$  à  $\alpha_{12}$  adressable par des adresses  $A_1$  à  $A_{12}$ . Le démarrage et l'arrêt du moteur 4 sont commandés à travers un décodeur-convertisseur numérique-analogique C2 par l'unité de commande UC.

10 Le moteur est également doté d'un capteur de déplacement singulier CAP connu. Selon une première variante, le capteur est un organe électrique à inductance ou capacité variable tournant avec l'arbre 40, et appelé "résolveur", permettant d'obtenir une position angulaire instantanée de l'arbre avec une précision de

15 1'ordre de 3 minutes, soit  $\pm 1,7 \mu\text{m}$  sur un diamètre de tambour de 4 mm. Cet organe résolveur est relié à un codeur qui échantillonne des signaux de position angulaire  $\alpha$  de l'arbre afin d'établir en code binaire, le sinus et le cosinus de l'angle  $\alpha$ , et donc d'indiquer précisément la position singulière instantanée de l'arbre

20 à 2° près. Selon une seconde variante, le capteur comprend une came solidaire de l'arbre 40 dont la surface active est inclinée par rapport à l'axe de rotation XX' et qui coopère avec un doigt coulissable longitudinalement appelé par ressort et lié à un potentiomètre. Selon une troisième variante, le capteur comprenant

25 au moins un photocoupleur coopérant avec un disque solidaire de l'arbre 40 et ayant de très nombreuses fentes très fines et réparties circulairement. La tension de sortie aux bornes du capteur CAP est représentative de la rotation angulaire de l'arbre 40 par rapport à un axe de référence OR qui est signalée en permanence à l'unité UC à travers un codeur-convertisseur analogique-numérique C3.

La procédure de recherche de couplage maximum entre la première fibre F1 et chacune des secondes fibres  $F_{21}$  à  $F_{212}$  est la suivante, en référence aux Figs. 5 et 6.

30 Initialement au repos, l'arbre moteur 40 est à une position singulière α1 par rapport à l'axe de référence OR. Si l'on suppose pour cette position α1 qu'aucune puissance lumineuse n'est reçue

- 11 -

par tous les photodétecteurs  $PD_1$  à  $PD_{12}$ , l'unité UC déclenche le démarrage du moteur 4 pour la rotation de l'arbre 40 et arrête le moteur dès que l'un des photodétecteurs transmet une puissance reçue  $P_0$  supérieure à un seuil prédéterminé de puissance  $P_S$ , par exemple correspondant à un coefficient de pertes par insertion,  $10 \log(P_E/P_0)$ , inférieur à 3 dB. Au photodétecteur ayant reçu la puissance  $P_0$  est attribuée une adresse  $A_1$  que l'on suppose correspondre à la fibre  $F_{2_1}$  et au photodétecteur  $PD_1$ . L'arbre 40 est alors à une position angulaire  $\alpha_0$  qui, a priori, correspond à un désalignement de quelques dizaines de microns au plus entre la fibre  $F_1$  et la fibre  $F_{2_1}$ .

L'optimisation de la puissance reçue est ensuite déterminée de la manière suivante. L'unité UC commande la rotation de l'arbre 40 pour une variation angulaire prédéterminée  $\Delta\alpha = \alpha_1 - \alpha_0$ , ou  $\Delta\alpha = \alpha_1 - \alpha_0$ , de telle sorte qu'à la position  $\alpha_1$  la puissance  $P_1$  captée par le photodétecteur  $PD_1$  soit inférieure au seuil  $P_S$ . Après mémorisation de  $\alpha_1$  et  $P_1$ , l'unité UC commande une rotation de l'arbre 40 en sens inverse de la précédente jusqu'à ce que la puissance reçue par le photodétecteur  $PD_1$  soit à nouveau égale à  $P_1$ , l'arbre étant arrêté à une position  $\alpha_2$ . Comme montré à la Fig. 6, la variation de puissance reçue en fonction de la position angulaire de la fibre  $F_1$  par rapport à la fibre  $F_{2_1}$  est symétrique par rapport à une position  $\alpha_M$  correspondant à une puissance maximum  $P_M$  reçue par le photodétecteur  $PD_1$  et donc à un alignement correct des fibres  $F_1$  et  $F_{2_1}$ . L'unité de commande UC déduit la valeur  $\alpha_M$  de la moyenne arithmétique suivante :

$$\alpha_M = (\alpha_1 + \alpha_2) / 2.$$

L'unité UC commande alors la rotation de l'arbre 40 jusqu'à la position angulaire  $\alpha_M$  et écrit cette valeur  $\alpha_1 = \alpha_M$  à l'adresse  $A_1$  dans la mémoire ME.

Puis l'unité UC active à nouveau le motoréducteur 4 pour que l'arbre 40 tourne d'un angle de  $360^\circ / 12 = 30^\circ$  par rapport à la position optimum  $\alpha_1$ , dans le sens des aiguilles d'une montre en référence à la Fig. 5, afin que la fibre  $F_1$  soit sensiblement en regard de la fibre  $F_{2_2}$ . Compte tenu des tolérances de positionnement des secondes fibres  $F_{2_1}$  à  $F_{2_{12}}$ , la nouvelle position angulaire de l'arbre 40 ne correspond pas a priori à une puissance

- 12 -

maximum captée par le photodétecteur  $PD_2$ . Une procédure de recherche de position optimale de la fibre  $F1$  pour transmettre un maximum de puissance à la fibre  $F2_2$  est alors déclenchée, comme décrit précédemment.

5      Cette procédure de recherche est ensuite réitérée automatiquement pour chacune des fibres suivantes  $F2_3$  à  $F2_{12}$ . À la fin de l'étalonnage, la mémoire ME contient aux adresses  $A_1$  à  $A_{12}$  les positions singulaires optimales  $\alpha_1$  à  $\alpha_{12}$  correspondant aux douze alignements précis de l'extrémité  $E1$  de la fibre  $F1$  avec les extrémités  $E2$  des fibres  $F2_1$  à  $F2_{12}$ . Le commutateur est alors prêt à être utilisé pour diverses commutations.

10     En pratique, le second compartiment de coffret C02 contient, outre le moteur 4, le capteur de déplacement singulaire CAP, la mémoire de position ME, le décodeur-convertisseur C2 et le 15 décodeur-convertisseur C3 qui sont desservis par des prises adéquates sur le coffret. En usine la mémoire ME est alors transformée en mémoire morte en rendant inaccessible à l'utilisateur le circuit d'adressage en écriture dans la mémoire ME, par destruction de fusibles par exemple.

20     Lors de l'utilisation du commutateur rotatif, les prises précitées sont reliées à un pupitre de contrôle de commande PC analogue à l'ensemble incluant l'unité UC, le clavier CL et l'écran EC. Toutefois, en pratique, ce pupitre de commande peut télécommander plusieurs commutateurs selon l'invention. Bien entendu, comme la procédure d'étalonnage de commutateur, toute commutation de la fibre  $F1$  vers l'une des fibres  $F2_1$  à  $F2_{12}$  peut être commandée manuellement ou automatiquement en fonction de signaux d'ordre de commutation pré-déterminés.

25     A chaque instant, l'unité de commande UC du pupitre connaît non seulement la position  $\alpha_1$  à  $\alpha_{12}$  de l'arbre 40 avant ou après une commutation, mais également la position singulière instantanée  $\alpha$  de l'arbre au cours d'une rotation-commutation. Un programme préenregistré dans l'unité UC contribue à choisir la plus petite rotation de l'arbre pour commuter la fibre  $F1$  à partir de l'alignement de celle-ci avec l'une des fibres  $F2_1$  à  $F2_{12}$  vers une autre seconde fibre  $F2_1$  à  $F2_{12}$ .

- 13 -

En outre l'unité UC du pupitre contient un programme d'asservissement de la rotation de l'arbre 40 pour une position sélectionnée mémorisée  $\alpha_1$  à  $\alpha_{12}$ . En effet, si pour une raison quelconque due à des contraintes extérieures au coffret notamment, l'unité UC constate que la position angulaire de l'arbre indiquée par le capteur CAP est différents de la position sélectionnée, l'unité UC déclenche à nouveau une ou des faibles rotations de l'arbre 40 jusqu'à ce que la position angulaire instantanée  $\alpha$  signalée par le capteur CAP soit identique à la position sélectionnée mémorisée.

De préférence, lorsque l'unité UC est télécommandée par des signaux d'ordre de commutation, l'unité UC sélectionne une commutation prioritaire parmi plusieurs commutations demandées simultanément.

Dans tous les cas, l'écran EC indique à un opérateur la position angulaire choisie  $\alpha_1$  à  $\alpha_{12}$  et le numéro de la seconde fibre  $F2_1$  à  $F2_{12}$  correspondante, ainsi que la position angulaire instantanée  $\alpha$  par rapport à la position de référence OR.

Selon une autre variante d'utilisation du commutateur, les secondes fibres sont appariées en des paires de fibres voisines  $F2_1-F2_2$  à  $F2_{11}-F2_{12}$  ou bien en des groupes de plus de deux fibres optiques. Pour chaque paire, l'une des fibres, par exemple d'indice impair, est utilisée normalement, et l'autre fibre, d'indice pair, constitue une fibre de secours. La mémoire ME est alors partagée en deux sous-mémoires, l'une pour les positions angulaires des fibres d'indice impair, l'autre pour les positions angulaires des fibres d'indice pair. Dans ce cas, dès que l'unité UC reçoit un signal d'alarme indiquant un défaut de transmission dans une seconde fibre d'indice impair, l'unité UC commute automatiquement la fibre Fl vers la fibre de secours de la paire correspondante. Après réparation de la fibre pour transmission normale, une commutation en sens inverse est déclenchée soit manuellement, soit automatiquement.

De même, le premier tambour 1 peut supporter des extrémités parallèles de plusieurs fibres optiques Fl dont une est utilisée normalement, et les autres en secours. Lors de l'étalonnage, les positions singulières de chacune des secondes fibres par rapport à

2634030

- 14 -

chacune des premières fibres sont repérées et mémorisées dans la  
mémoire ME.

REVENDEICATIONS

1 - Commutateur rotatif comprenant un moyen rotatif (1) pour supporter une extrémité (E1) d'une première fibre optique (F1), un moyen stationnaire (2) pour supporter des extrémités (E2) de plusieurs secondes fibres optiques (F2), et des moyens moteurs (4, 5) pour tourner le moyen rotatif (1), caractérisé en ce que lesdits moyens rotatif et stationnaire pour supporter sont des tambours coaxiaux rotatif et stationnaire (1, 2) ayant des faces diamétrales en regard (10, 20) sensiblement égales et disjointes sur lesquelles sont diaposées sensiblement coplanairement des faces terminales des première et secondes fibres optiques (F1, F2) respectivement.

2 - Commutateur rotatif conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que les extrémités (E1, E2) de la première fibre (F1) et des secondes fibres (F2) sont fixées sensiblement le long de génératrices des tambours rotatif et stationnaire (1, 2) respectivement.

3 - Commutateur rotatif conforme à la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les tambours (1, 2) ont des surfaces de révolution convexes.

4 - Commutateur rotatif conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les tambours (1, 2) sont obtenus par sciage diamétral d'un corps de révolution au niveau des faces en regard (10, 20), ou au niveau de faces (12, 22) des tambours opposées aux faces en regard (10, 20).

5 - Commutateur rotatif conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'entre lesdites faces en regard (10, 20) des tambours (1, 2) est prévu un interstice (35) rempli d'un gel qui ne coule pas par son propre poids et ne s'échappe pas, ledit gel ayant un indice de réfraction sensiblement égal à celui des fibres optiques (F1, F2).

6 - Commutateur rotatif conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'entre leditss faces en regard (10, 20) des tambours (1, 2) est prévu un interstice (35) rempli d'une matière anti-reflet.

7 - Commutateur rotatif conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (32, 33) coopérant avec une extrémité (12) du tambour rotatif (1)

- 16 -

opposée à ladite face (10) de celui-ci pour guider longitudinalement en rotation le tambour rotatif (1), et des moyens (34) coopérant avec lesdites faces en regard (10, 20) des tambours (1, 2) pour guider radialement le tambour rotatif (1).

5 8 - Commutateur conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens élastiques (52) pour pousser en butée le tambour rotatif (1) vers le tambour stationnaire (2), et, en outre, de maintenir un écartement constant (35) entre lesdites faces en regard (10, 20).

10 9 - Commutateur rotatif conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend un support fixe (3) suquel est fixé le tambour stationnaire (2),

15 un palier longitudinal à roulement à billes (32, 33) ayant une bague intérieure (32) guidant à glissement longitudinal une extrémité du tambour rotatif (1) opposée à ladite face (10) de celui-ci et une bague extérieure (33) solidaire du support fixe (3), et

20 une butée radiale (34) logée centralement entre les faces en regard (10, 20) des tambours (1, 2) et en contact partiel avec celles-ci.

25 10 - Commutateur rotatif conforme à la revendication 9, caractérisé en ce que la butée radiale est une bille (34) logée dans deux évidements coniques centraux (13, 23) desdites faces de tambour en regard (10, 20).

30 11 - Commutateur rotatif conforme à la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce qu'il comprend un ressort axial (52) logé dans une bague (53) solidaire de la bague intérieure (32) et appliquée contre une autre face (12) du tambour rotatif (1) pour pousser le tambour rotatif vers le tambour stationnaire (2).

35 12 - Commutateur rotatif conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que les moyens moteurs (4, 5) comprennent un arbre moteur tournant (40) sensiblement coaxial aux tambours (1, 2) et des moyens (5) pour accoupler souplement l'arbre moteur au tambour rotatif (1).

13 - Commutateur rotatif conforme à la revendication 12, caractérisé en ce que les moyens pour accoupler comprennent un

soufflet (50) ayant des extrémités (51, 54) fixées au tambour rotatif (1) et à l'arbre moteur (40) respectivement.

14 - Commutateur rotatif conforme à la revendication 12 ou 13, caractérisé en ce que la première fibre optique (F1) traverse un conduit coudé (41) de l'arbre moteur (40), axialement lesdits moyens pour accoupler (5), et un conduit coudé (14) pratiqué dans la tambour rotatif (1) entre une extrémité (12) opposée à ledite face (10) du tambour rotatif et la surface périphérique du tambour rotatif (1).

15 - Commutateur rotatif conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que les moyens moteurs (4, 5) comprennent un arbre moteur tournant (40) lié axiallement au tambour rotatif (1), des moyens (4, C2, UC) pour entraîner sélectivement et continûment en rotation l'arbre moteur (40) à des positions angulaires de rotation ( $\alpha_1$  à  $\alpha_{12}$ ) déterminées par rapport à une position angulaire de référence (OR) et correspondant à des alignements de l'extrémité (E1) de la première fibre (F1) avec les extrémités (E2) des secondes fibres optiques ( $F_{21}$  à  $F_{212}$ ) respectivement, et des moyens (ME) adressables en lecture par les moyens pour entraîner (4, C2, UC) pour mémoriser lesdites positions angulaires prééterminées ( $\alpha_1$  à  $\alpha_{12}$ ).

16 - Commutateur rotatif conforme à la revendication 15, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (CAP, C3) pour capter la position angulaire instantanée ( $\alpha$ ) de l'arbre moteur (40) par rapport à ladite position angulaire de référence (OR), et des moyens (UC) pour asservir ladite position angulaire instantanée à l'une sélectionnée des positions angulaires prééterminées ( $\alpha_1$  à  $\alpha_{12}$ ).

17 - Commutateur rotatif conforme à la revendication 15 ou 16, caractérisé en ce que les moyens pour entraîner comprennent un moteur à courant continu (4) pour la rotation de l'arbre moteur (40) et du tambour rotatif (1).

18 - Commutateur rotatif conforme à l'une quelconque des revendications 15 à 17, caractérisé en ce que lesdites positions angulaires prééterminées ( $\alpha_1$  à  $\alpha_{12}$ ) des secondes fibres ( $F_{21}$  à  $F_{212}$ ) sont chacune déterminées préalablement par recherche précise de couplage optique optimum (PM) entre la seconde fibre et la

- 18 -

première fibre (F1) et par écriture de ladite position angulaire  
pour ledit couplage optimum dans les moyens pour mémoriser (ME).

1/2

FIG.1

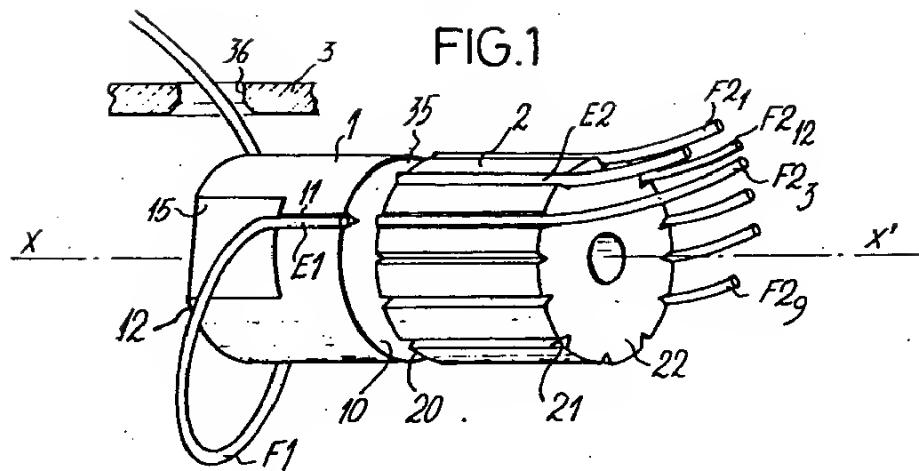


FIG. 2

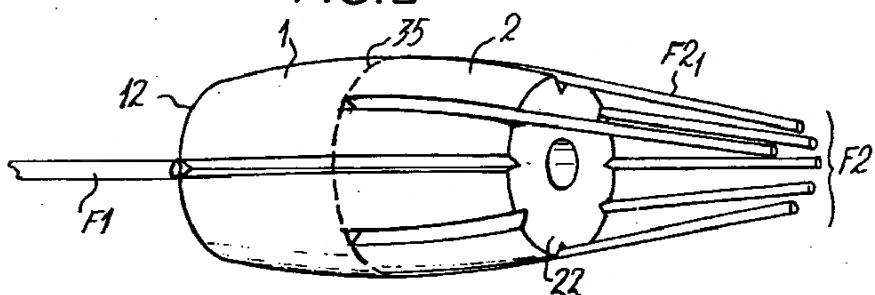
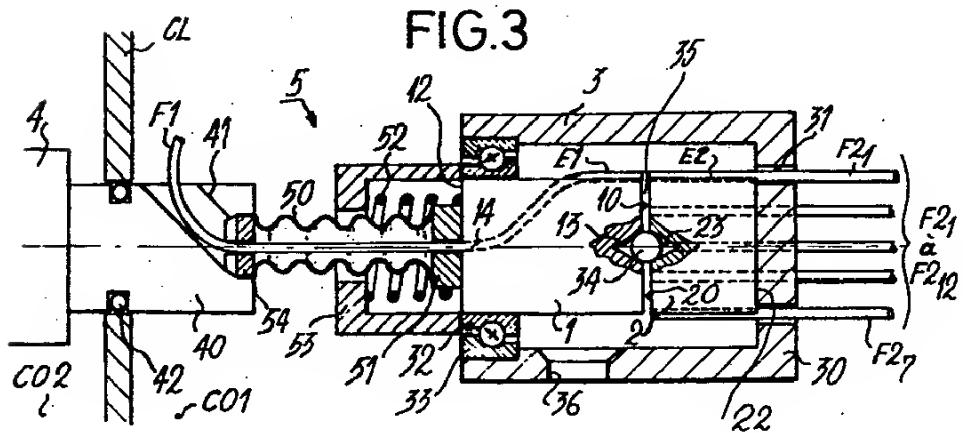


FIG.3



2/2

FIG.4

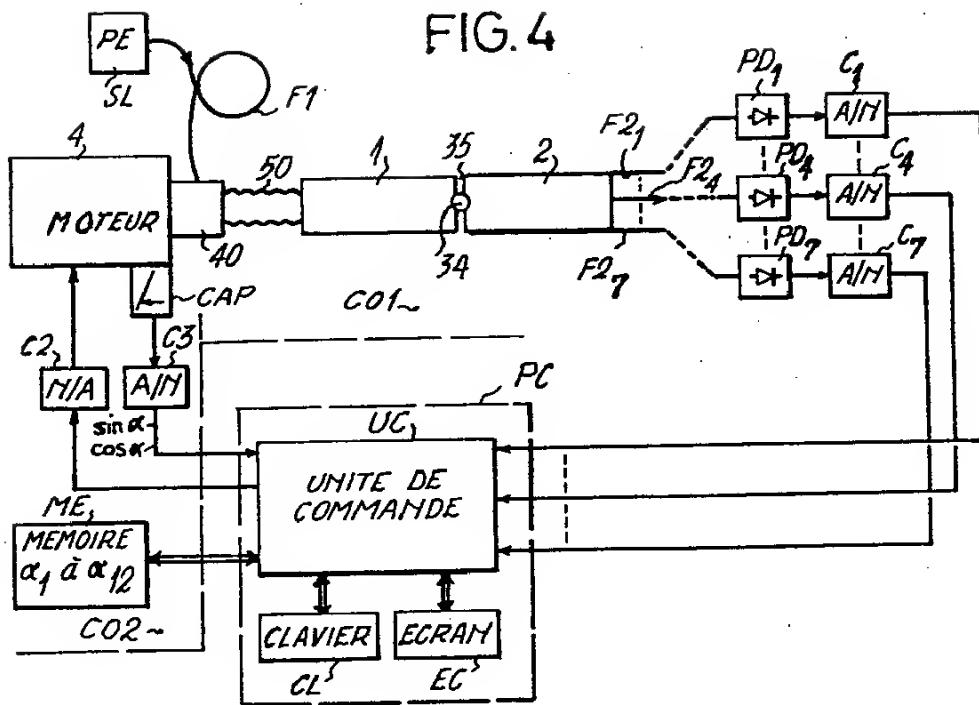


FIG.5

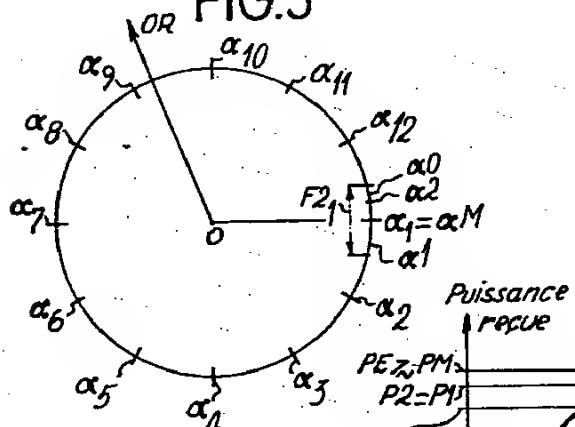


FIG.6

